

NILSON CAMPOLINA

**AVALIAÇÃO DO USO DE BIOCOMBUSTÍVEL EM VEÍCULOS DE INSPEÇÃO DE
TRÁFEGO EM UMA CONCESSIONÁRIA DE RODOVIAS**

CURITIBA

2011



NILSON CAMPOLINA

AValiação DO USO DE BIOCOMBUSTIVEL EM VEÍCULOS DE INSPEÇÃO DE TRÁFEGO EM UMA CONCESSIONÁRIA DE RODOVIAS

Trabalho apresentado para obtenção parcial do título de especialista em: Economia e Meio Ambiente no curso de Pós-Graduação em Economia e Meio Ambiente do Dep. de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva

CURITIBA

2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado forças para chegar até aqui.

A minha esposa Madalena e filhos Gustavo e Maria Tereza pela dedicação e paciência nos momentos em que os deixei para a dedicação e elaboração deste trabalho.

Aos Professores e tutoria da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Aos dirigentes da minha empresa por disponibilizar recursos para elaboração e execução dos ensaios.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo Geral	10
2.2 Objetivos Específicos	10
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1 Matriz Energética Nacional	11
3.2 Matriz Energética de Transporte	11
3.3 História do biodiesel	13
3.4 Processamento simplificado do biodiesel	14
3.5 Biodiesel no Brasil	16
3.6 Utilização de óleos vegetais para fins energéticos	19
3.7 Cultivo de oleaginosas no Estado do Paraná	19
3.8 Óleos vegetais como combustível alternativo	22
3.9 A sustentabilidade do combustível alternativo	25
4 METODOLOGIA	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1 Composição dos ácidos graxos presentes na cultura do Girassol	42
6. CONSIDERAÇÕES	51
7. CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PROCESSO DE OBTENÇÃO DE BIODIESEL	15
FIGURA 2. PRODUÇÃO DE GIRASSOL	20
FIGURA 3. REAÇÃO QUÍMICA DO PROCESSO DE TRANSESTERIFICAÇÃO (GERPEN & KNOTHE, 2006)	24
FIGURA 4 VEÍCULO S-10 UTILIZADO NO ENSAIO	27
FIGURA 5. ADAPTAÇÃO DO TANQUE	30
FIGURA 6. CHAVE DE BOTÃO	31
FIGURA 7. VÁLVULA SUPERIOR	32
FIGURA 7.1. VÁLVULA INFERIOR	32
FIGURA 7.2 ESQUEMA ADAPTAÇÃO DAS VÁLVULAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
FIGURA 8. CONVERSOR DE CORRETE.	33
FIGURA 8.1 RELÊ	34
FIGURA 9. ENSAIO DOS INJETORES DE COMBUSTÍVEL.	36
FIGURA 10. TESTE COMPRESSÃO DOS CILINDROS.	37
FIGURA 11. ENSAIO DE EMISSÃO DE GASES.	38
FIGURA 11.1. MONITORAMENTO DO ENSAIO.	38
FIGURA 12. FILTRO DE COMBUSTÍVEL ÓLEO VEGETAL	39
FIGURA 13. ENCANAMENTO DE COBRE	40
FIGURA 14. MANÔMETROS	46

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. MATRIZ ENERGÉTICA DE TRANSPORTE POR MODAL	12
TABELA 2. MATRIZ ENERGÉTICA DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO	12
TABELA 3. PARANÁ – PRODUÇÃO DE OLEAGINOSAS EM 2006	20
TABELA 3.1 DE COMPARAÇÃO	21
TABELA 4. CULTIVO OLEAGINOSAS COM POTENCIAL PARA PRODUÇÃO DE ÓLEO VEGETAL E BIODIESEL, E REFERÊNCIA MÉDIA DE PRODUTIVIDADE DE ÓLEO POR HECTARE.	22
TABELA 5. ESPECIFICAÇÃO DO VEÍCULO.	27
TABELA 6. PARÂMETROS DE QUALIDADE DE COMBUSTÍVEL ANALISADAS PARA O ÓLEO VEGETAL UTILIZADO.	29
TABELA 7. VARIÁVEIS ANALISADAS PARA O ÓLEO LUBRIFICANTE	41
TABELA 8. ÁCIDOS GRAXOS	42
TABELA 9. PARÂMETROS DE QUALIDADE PARA O ÓLEO DE GIRASSOL	44
TABELA 10. MEDIÇÃO DE OPACIDADE	47
TABELA 11. TESTE DE MEDIÇÃO DOS INJETORES	48
TABELA 12. PARÂMETROS DE QUALIDADE AVALIADOS PARA O ÓLEO LUBRIFICANTE NO TEMPO DE CINQUENTA HORAS	50

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - BIODIESEL: EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO E DA CAPACIDADE PRODUTIVA MENSAL	17
GRÁFICO 2 – USO DAS MATÉRIAS-PRIMAS NA PRODUÇÃO DO BIODIESEL	18

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação em relação ao meio ambiente e a rápida diminuição das reservas de combustíveis fósseis no mundo, além do aumento no preço do petróleo, levaram à exploração de óleos vegetais na produção de combustíveis alternativos. Algumas dificuldades surgiram devido à viscosidade natural desses óleos e ao baixo poder de ignição desse material, entretanto, os óleos vegetais têm sido bastante aceitos e utilizados na produção do biodiesel (COSTA NETO et. al, 2005).

O uso do óleo vegetal como uma fonte alternativa retornável de combustível para competir com o óleo diesel foi proposto em 1980. O estudo mais avançado com o óleo de canola aconteceu na África do Sul por causa do embargo do óleo diesel. A primeira Conferência Internacional em Plantas e Óleos Vegetais foi organizada em Fargo, Dakota do Norte em agosto de 1982. As vantagens da utilização do óleo vegetal como combustível em relação ao diesel são: líquido natural, renovável, alto valor energético, baixo conteúdo de enxofre, baixo conteúdo aromático e biodegradável (FANGRUI et. al, 1999).

A utilização dos óleos vegetais no Brasil tem um futuro promissor, uma vez que o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de soja e possui grandes perspectivas para a produção de outras sementes. Entre as várias oleaginosas que se têm conhecimento na literatura, as que apresentam um alto teor na semente são favoráveis à produção de biodiesel. Dentre estas, pode-se destacar as sementes oleaginosas de soja, amendoim, girassol, babaçu, milho, canola (colza), mamona e algodão (VARGAS et. al, 1998).

Apesar de pesquisas serem realizadas desde a década de 20 sobre combustíveis alternativos e renováveis, só há alguns anos que os biocombustíveis começaram a ser testados, especialmente em centros urbanos.

Em setembro de 2004, governo deu o primeiro passo para regularizar o biodiesel. O combustível já havia sido incluído na Medida provisória (MP) 214, Lei do Petróleo, 1997.

Segundo esta MP, “biodiesel é um combustível renovável e biodegradável, derivado de óleos vegetais ou de gordura animais, que pode substituir parcial, ou totalmente, o óleo diesel de origem fóssil”.

Nos dias atuais, a procura por combustíveis renováveis tem aumentado muito. Desta forma, o biodiesel surge como alternativa em relação ao petróleo e seus derivados, já que sua produção é mais barata e a emissão de poluentes diminui bastante. Através do seu efeito multiplicador, o biodiesel representará no mercado uma nova etapa para a agroindústria, por envolver óleos vegetais, álcool, óleo diesel e mais insumos e subprodutos da produção do éster vegetal. Contudo, a implementação do biodiesel requer uma estrutura organizada de forma a atingir todos os mercados, ganhando assim competitividade. São necessários investimentos para a obtenção de desenvolvimento tecnológico, para assim, em longo prazo termos um produto de qualidade e rentabilidade.

O Brasil ocupa uma posição de destaque na produção e exportação de óleo de soja, mostrando seu grande potencial para se tornar produtor e consumidor de biodiesel a partir deste óleo. Pode-se ainda citar, a oportunidade da utilização de diferentes sementes oleaginosas para a produção de biodiesel devido à variedade de sementes encontradas nas diversas regiões do país.

A produção de biodiesel é uma oportunidade tecnológica e estratégica para o Brasil, que já tem na produção de álcool um excelente exemplo de um combustível renovável.

Todos os óleos vegetais, sendo estes na categoria de óleos fixos ou triglicerídeos, podem constituir matéria prima para a produção de biodiesel, o óleo de várias espécies vegetais (QUEIMADA et. al, 2001).

Apesar de ser favorável do ponto de vista energético, a utilização direta de óleos vegetais em motores a diesel é muito problemática. Estudos efetuados com diversos óleos vegetais mostraram que sua combustão direta conduz à carbonização na cabeça do injetor, resistência à injeção nos segmentos dos êmbolos, diluição do óleo do cárter, contaminação do óleo lubrificante, entre outros problemas. As causas destes problemas foram atribuídas à polimerização dos

triglicerídeos, através das suas ligações duplas, que conduzem à formação de depósitos, assim como, à baixa volatilidade. A alta viscosidade é razão principal por que os óleos vegetais ou gorduras são transesterificados a biodiesel, pois as altas viscosidades conduzem a problemas na atomização do combustível (OLIVEIRA, 2000; CARR, 1990).

A diferença nas propriedades entre o diesel e dos óleos vegetais resulta, principalmente, da diversidade molecular entre esses dois grupos de substâncias. O diesel é constituído de hidrocarbonetos com número médio de carbonos em torno de quatorze. Os óleos vegetais são triésteres da glicerina, ou seja, produtos naturais da condensação da glicerina com ácidos graxos, cujas cadeias laterais de ácidos graxos têm números de carbonos variando entre dez e dezoito, com valor médio de quatorze a dezoito para os tipos óleos mais abundantes. Além da presença do grupamento do tipo de estér, os óleos vegetais possuem peso molecular cerca de três vezes maior que o óleo diesel.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o desequilíbrio provocado pelo homem com o meio o ambiental com a utilização de óleo vegetal em mistura de 50% ao óleo diesel combustível em um veículo de teste, utilizado na inspeção viária de uma concessionária de rodovias no Estado do Paraná.

2.2 Objetivos Específicos

Analisar as emissões de gases da mistura do óleo vegetal com óleo diesel comparando com os gases emitidos pelo combustível óleo diesel puro;

Acompanhar os componentes internos do motor quanto a desgastes provenientes pelo uso da mistura do óleo vegetal através de análises de óleo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Matriz Energética Nacional

A consciência mundial está mudando com relação à produção e consumo de energia, especialmente quando originária de fontes não-renováveis, como é o caso dos combustíveis fósseis. Isto tem conduzido estudos em busca de aperfeiçoamento do uso de energia alternativa. Segundo o autor o ano de 1970 representou um verdadeiro marco na história energética do planeta, pois a partir dessa década, vários esforços foram dedicados à superação da crise, os quais incidiram, basicamente, em dois grupos de ações: o primeiro constituiu na conservação ou economia energética, e o segundo dedicou-se ao aperfeiçoamento do uso de fontes alternativas como álcool e biodiesel (JULIATO, 2006).

O aumento na demanda total por energia se deu com redução relativa do uso das fontes renováveis (hidráulica, biomassa e outras). De fato, houve crescimento de apenas 4,1% na energia proveniente dessas fontes, enquanto que as não-renováveis cresceram 6,4% (petróleo e derivados, gás natural, carvão mineral e urânio). Com isso, a energia renovável passou a representar em 2008, 45,4% da Matriz Energética Brasileira, enquanto que em 2007 a participação foi de 45,9%%. (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2010).

3.2 Matriz Energética de Transporte

O consumo de energia no transporte total do País cresceu 8,1% em 2008, repetindo a desempenho de 2007. O bom desempenho da economia, em grande parte decorrente do aquecimento da demanda interna, justifica a alta taxa de crescimento.

No período de 1973 a 2008 destaca-se a supremacia do transporte rodoviário em relação aos demais modais, inclusive com aumento da sua participação no consumo de energia (tabela 1). O modal ferroviário e hidroviário foram os que mais perderam participação, o que não seria recomendável do ponto de vista de menor consumo de energia por tonelada transportada (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2010).

TABELA 1. MATRIZ ENERGÉTICA DE TRANSPORTE POR MODAL

ESPECIFICAÇÕES	mil tep			%	Estrutura %	
	1973	2007	2008		1970	2008
Rodoviário	16.476	52.892	57.544	8,1	86,3	91,8
Ferrovário	522	717	761	5,8	2,7	1,2
Aéreo	1.095	2.674	2.978	10,2	5,7	4,8
Hidroviário	993	1.338	1.401	4,5	5,2	2,2
TOTAL	19.087	57.621	62.685	8,1	100,0	100,0

FONTE: ADAPTADO DE MME (2010)

A análise do transporte rodoviário (tabela 2) mostra forte crescimento do consumo de álcool no ano de 2008 de aproximadamente 23%, em razão das crescentes vendas dos veículos flex e dos baixos preços praticados pelo mercado, principalmente nas regiões produtoras. Em consequência, a gasolina apresentou baixa taxa de crescimento do consumo. O gás natural apresentou redução de 5,4% no consumo, o que é recomendável tendo em conta que se trata de uso pouco nobre, de baixa eficiência energética.

TABELA 2. MATRIZ ENERGÉTICA DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO

ESPECIFICAÇÕES	mil tep			%	Estrutura %	
	1973	2007	2008		1970	2008
Diesel	5.770	27.741	29.718	6,6	35,0	51,6
Gasolina	10.541	14.287	14.539	1,8	64,0	25,3
Álcool	165	8.612	11.158	23	1,0	19,4
Gás Natural	0	2.252	2.130	-5,4	0,0	3,7
TOTAL	16.476	52.892	57.545	8,1	100,0	100,0

FONTE: ADAPTADO DE MME (2010)

Até o final da década de 70 a indústria automotiva brasileira acumulou processo de redução da produção de caminhões e ônibus movidos a gasolina, fato que contribuiu, já a partir de 1980, para a reversão da supremacia do combustível ciclo Otto pelo diesel. Assim, desde este ano, o diesel vem alternando participações entre 50 e 56% no transporte rodoviário. A análise histórica destes percentuais indica que os combustíveis do ciclo Otto – de uso quase exclusivo em veículos

particulares – apresentam performances acima do diesel nos períodos de bom desempenho da economia. (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2010).

Em 2008, foram produzidos 1.050 mil m³ de óleos vegetais, montante bem superior ao de 2007, de 379 mil m³. Cerca de 90% da produção de 2008 foram adicionados ao diesel de petróleo e 10% foram para compor estoques. Desta forma, o consumo total de diesel do país contou com a adição de 2% de óleos vegetais. (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2010).

3.3 História do biodiesel

A maior parte da energia consumida no mundo provém do petróleo, carvão e do gás natural. Essas fontes são limitadas e com previsão de esgotamento no futuro, portanto, a busca por fontes alternativas de energia é de suma importância. Neste contexto, os óleos vegetais apareceram como alternativa para substituição ao óleo diesel em motores de ignição por compressão, sendo o seu uso testado já em fins do século XIX, produzindo resultados satisfatórios no próprio motor diesel (FERRARI, et al., 2005).

A história do biodiesel data de 1895, quando dois grandes visionários, Rudolf Diesel e Henry Ford descobriram nos óleos vegetais um combustível e um caminho para o desenvolvimento industrial. Pesquisaram diversos combustíveis que pudessem ser utilizados em motores, entre eles álcool produzido a partir de biomassas. Embora tivessem seus sonhos para o desenvolvimento dos combustíveis de biomassa adiados pelo rápido avanço da indústria do petróleo, deixaram sementes férteis (MOREIRA, 2006).

Durante a Exposição Mundial de Paris, em 1900, um motor diesel foi apresentado ao público funcionando com óleo de amendoim. Os primeiros motores tipo diesel eram de injeção indireta. Tais motores eram alimentados por petróleo filtrado, óleos vegetais e até mesmo por óleos de peixe. (MOREIRA, 2006).

Passado mais de cem anos, a associação dos óleos vegetais com o álcool, em um processo químico conhecido como Transesterificação (processo de

separação da glicerina do óleo vegetal), pode viabilizar um novo combustível de origem renovável para o Brasil: o éster de óleo vegetal, também conhecido como biodiesel (MOREIRA, 2006).

O biodiesel pode ser então definido como sendo um mono-álquil éster de ácidos graxos derivados de fontes renováveis, como óleos vegetais e gorduras animais, obtidos através de um processo de transesterificação, no qual ocorre a transformação de triglicerídeos em moléculas menores de ésteres de ácidos graxos. Encontra-se registrado na “Environment Protection Agency – EPA – USA” como combustível e como aditivo para combustíveis e pode ser usado puro a 100% (B100), em mistura com o diesel de petróleo (B20), ou numa proporção baixa como aditivo de 1 a 5%, sua utilização está associada à substituição de combustíveis fósseis em motores do ciclo diesel sem haver a necessidade de nenhuma modificação no motor (FERRARI, et al., 2005).

As alternativas de matéria prima para o fornecimento do óleo vegetal são diversos no Brasil, caso do girassol, do pinhão manso, da soja, do amendoim, do algodão, do dendê, do milho, entre tantas outras que podem ser cultivadas de acordo com aptidão agrícola e o clima de cada região do País (MOREIRA, 2006).

3.4 Processamento simplificado do biodiesel

Foi constatado, porém, que a aplicação direta dos óleos vegetais nos motores é limitada por algumas propriedades físicas dos mesmos, principalmente sua viscosidade, sua baixa volatilidade e seu caráter polinsaturado, que implicam em alguns problemas nos motores, bem como em sua combustão incompleta. Assim visando reduzir a viscosidade dos óleos vegetais, diferentes alternativas tem sido considerada, tais como diluição, microemulsão com metanol ou etanol, craqueamento catalítico e reação de transesterificação com etanol ou metanol. Entre estas alternativas, a transesterificação tem apresentado como melhor opção, visto que o processo é relativamente simples promovendo a obtenção de um combustível, denominado biodiesel, cujas propriedades são similares às do óleo diesel (FERRARI et al., 2005).

O biodiesel pode ser tecnicamente definido como um éster alquílico de ácidos graxos, obtido através do processo de transesterificação entre qualquer triglicerídeo (óleos e gorduras animais ou vegetais) e álcool de cadeia curta (metanol ou etanol).

É denominado transesterificação o processo de separação entre a glicerina contida no óleo, e sua posterior substituição pelo álcool na cadeia. O resultado é um óleo mais fino e menos viscoso, capaz de ser utilizado como combustível. O processo só corre na presença de um catalisador, que pode ser ácido (como o ácido clorídrico) ou básico (hidróxido de sódio). A matéria prima mais comum para a produção de biodiesel são plantas oleaginosas, tais como a soja, o girassol, o amendoim, algodão, dendê, coco, babaçu, mamona, colza, etc. Podem ser utilizados também gorduras animais, ou óleos de fritura residuais, que normalmente são despejados nos esgotos. A glicerina, subproduto da produção de biodiesel, é uma importante matéria-prima para outras cadeias produtivas, tais como tintas, adesivos, produtos farmacêuticos e têxteis, etc. A implementação da produção de biodiesel pode gerar um aumento na oferta de glicerina (DALALIBERA, 2009).

A transesterificação pode ser esquematizada da seguinte maneira conforme no processo para obtenção de biodiesel:

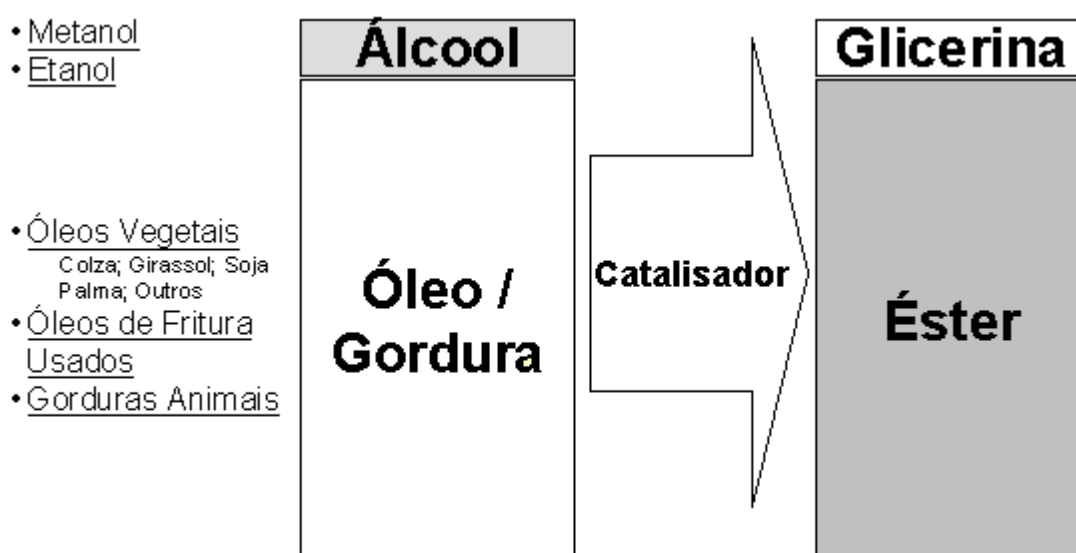


FIGURA 1. PROCESSO DE OBTENÇÃO DE BIODIESEL

Fonte: GVconsult (2003)

Para aumentar o rendimento de alquil ésteres e para permitir a formação de uma fase separada de glicerol um excesso de agente transesterificante (álcool primário) é usado, devido ao caráter reversível da reação. Também, para que resulte uma transesterificação satisfatória, os óleos devem possuir baixo teor de ácidos graxos livres, pois esses durante o processo de transesterificação podem reagir com o catalisador alcalino formando produtos saponificados, o que diminui a eficiência de conversão. Os óleos brutos comercialmente encontrados possuem um índice de acidez entre 0,5 – 3%, sendo indicado para reação completa na produção de biodiesel que o teor de ácidos graxos livres seja inferior a 3% (FERRARI, ET AL., 2005).

3.5 Biodiesel no Brasil

As primeiras referências ao uso de óleos vegetais no Brasil datam da década de 1920. Posteriormente, algumas pesquisas foram desenvolvidas no Instituto Nacional de Tecnologia, no Instituto de Óleos do Ministério da Agricultura e no Instituto de Tecnologia Industrial de Minas Gerais. Neste último, em 1950, registraram-se estudos sobre o uso dos óleos de ouricuri, mamona e algodão em motores diesel de 6 cilindros. (PORTAL DO BIODIESEL, 2010).

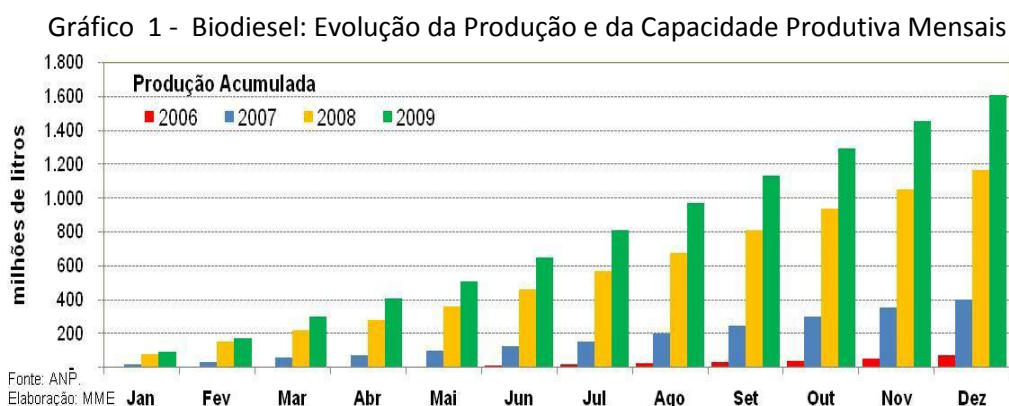
As alternativas de matéria prima para o fornecimento do óleo vegetal são diversos no Brasil, caso do girassol, do pinhão manso, da soja, do amendoim, do algodão, do dendê, do milho, entre tantas outras que podem ser cultivadas de acordo com aptidão agrícola e o clima de cada região do País (MOREIRA, 2006).

Em 1980, a Resolução nº 7, do Conselho Nacional de Energia, instituiu o Programa Nacional de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Pro óleo). Entre outros objetivos, pretendia substituir óleo diesel por óleos vegetais em mistura de até 30% em volume, incentivar a pesquisa tecnológica para promover a produção de óleos vegetais nas diferentes regiões do país e buscar a total substituição do óleo diesel por óleos vegetais. Neste período, o país produzia cerca de 15% do petróleo consumido e os preços internacionais eram os mais elevados de toda a história, resultantes do segundo choque do petróleo. Nos primeiros anos,

deu-se maior atenção à soja. A partir de 1981, ao amendoim, e em 1982 à colza e girassol. Em 1986, a ênfase passou ao dendê. A meta era, em cinco anos, produzir 1,6 milhões de metros cúbicos de óleos para fins energéticos. Contudo, a viabilidade econômica era questionável: em valores para 1980, a relação de preços internacionais óleos vegetais/petróleo, em barris equivalentes, era de 3,30 para o dendê; 3,54 para o girassol; 3,85 para a soja e de 4,54 para o amendoim. Com a queda dos preços do petróleo a partir de 1985, a viabilidade econômica ficou ainda mais prejudicada e este programa foi progressivamente esvaziado, embora oficialmente não tenha sido desativado (PORTAL DO BIODIESEL, 2010).

No início dos anos 80, como resultado dessa primeira fase do biodiesel no Brasil, a empresa cearense Produtora de Sistemas Energéticos (Proerg) obteve a primeira patente brasileira de biodiesel, e produziu cerca de 300 mil litros de biodiesel utilizados nos testes.

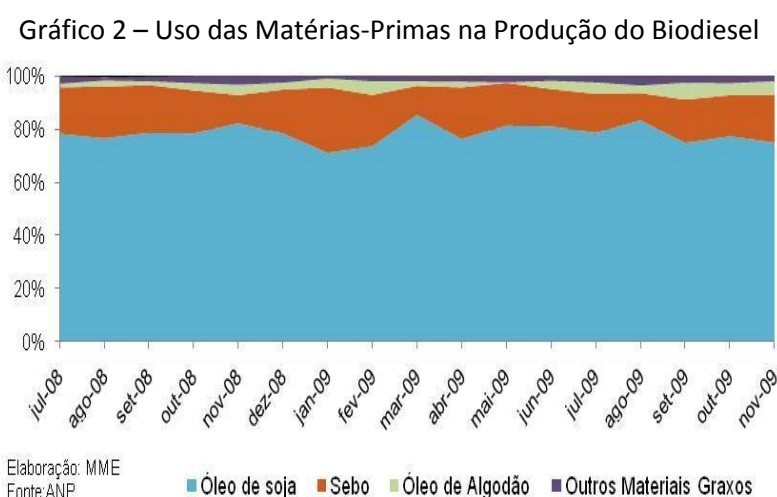
Em dezembro, a produção estimada de biodiesel foi 155 milhões de litros, com base em dados de entregas no leilão. A produção em 2009, assim sendo, totalizou 1,61 bilhão de litros, contra 1,17 em 2008 (aumento de 38%). A capacidade instalada supera 335 milhões de litros/mês (4 bilhões de litros anuais), dos quais 93% oriundo de empresas com o Selo Combustível Social. A seguir no Gráfico 1 mostra a evolução de produção do biodiesel no Brasil (PORTAL DO BIODIESEL, 2010).



Fonte: ANP (2009)

Algumas fontes para extração de óleo vegetal que podem ser utilizadas: baga de mamona, polpa do dendê, amêndoa do coco de dendê, amêndoa do coco de babaçu, semente de girassol, amêndoa do coco da praia, caroço de algodão, grão de amendoim, semente de canola, semente de maracujá, polpa de abacate, caroço de oiticica, semente de linhaça, semente de tomate e de nabo forrageiro. Embora algumas plantas nativas apresentem bons resultados em laboratórios, como o pequi, o buriti e a macaúba, sua produção é extrativista e não há plantios comerciais que permitam avaliar com precisão as suas potencialidades. Isso levaria certo tempo, uma vez que a pesquisa agropecuária nacional ainda não desenvolveu pesquisas com foco no domínio dos ciclos botânico e agrônômico dessas espécies (PORTAL DO BIODIESEL, 2010).

Conforme o Gráfico 2 o óleo de soja tem sido a matéria-prima mais utilizada para a fabricação do biodiesel, seguida do sebo bovino e do óleo de algodão. No mês de novembro, a participação ficou em 75,0% para o óleo de soja, 17,8% para o sebo, 5,1% para óleo de algodão e 2,1% para outras matérias-primas. Estes dados são obtidos por meio de informações enviadas mensalmente pelos produtores de biodiesel à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e B combustível.



Fonte: ANP (2009)

3.6 Utilização de óleos vegetais para fins energéticos

O Brasil dispõe de uma enorme diversidade de plantas oleaginosas, tanto nativas como exóticas bem adaptadas, e de condições climáticas favoráveis para se tornar um grande produtor de combustíveis à base de óleos vegetais.

Uma das vantagens ambientais no uso energético de óleos vegetais em motores destaca-se a ausência de emissão de SO₂ responsável pela chuva ácida, a recuperação de áreas degradadas pelo reflorestamento com espécies oleaginosas, a contenção da erosão e o balanço de carbono seqüestrado. O óleo vegetal como combustível tornou-se o líder de todos os projetos não alimentícios utilizando o solo para produção de energia (COELHO, 2003).

Para a extração de óleo dos vegetais, existem basicamente, por via mecânica, dois processos, prensagem a frio e a quente, onde o óleo extraído contém de 1 a 12 % de material turvo, necessitando de purificação, a qual acontece por meio da sedimentação, filtração ou centrifugação (DALALIBERA, 2009).

3.7 Cultivo de oleaginosas no Estado do Paraná

O Programa Paranaense de Bioenergia foi criado através do Decreto 2.101 de 10 de Novembro de 2003 com a finalidade de gerir e fomentar ações de pesquisa e desenvolvimento, aplicações e uso da biomassa no Paraná. Teve foco inicial na produção e aplicação do biodiesel como combustível alternativo, adicionando-o à matriz energética estadual. A concepção do programa envolve aspectos como inclusão social e desenvolvimento regional através da geração de emprego e renda e melhoria na qualidade do ambiente, entre outros. O programa tem por objetivo demonstrar a viabilidade técnica e econômica da utilização dos óleos de origem vegetal em substituição ao óleo diesel na movimentação de tratores e máquinas utilizadas nas propriedades rurais (IAPAR, 2010).

A Tabela 3 mostra a produção de oleaginosas no Estado de Paraná.

TABELA 3. PARANÁ – PRODUÇÃO DE OLEAGINOSAS EM 2006

Produto	Área (ha)	Produção (t)	% Brasil	Ranking
SOJA	3.876.926	9.893.333	17	2º
ALGODÃO	16.209	35.310	2	7º
AMENDOIM	5.264	10.059	4,4	4º
GIRASSOL	5.121	3.657	5,9	5º
CANOLA	1.259	1.342	9,6	2º
MANOMA	529	910	0,8	8º

FONTES: SEAB/DERAL; CONAB, IBGE

O IAPAR está também participando da rede brasileira de ensaios de girassol, com a implantação de 4 ensaios regionais, sendo 2 em Londrina e 2 em Cambará, no Norte do estado, em duas épocas de plantio na safrinha: março e abril. Os ensaios apresentam bom desenvolvimento dos materiais genéticos, até o momento, sem problemas de incidência de doenças e com perspectiva de boa produção de grãos. (IAPAR, 2010). Figura 2 mostra a produção de girassol em Londrina PR.

FIGURA 2. PRODUÇÃO DE GIRASSOL



O cultivo de girassol entra em uma nova fase no País, graças à necessidade dos fabricantes de alimentos de oferecer produtos mais saudáveis ao consumidor. Agricultores que antes lutavam para escoar a safra agora já plantam sabendo que tem venda garantida, a um preço previamente acertado com os compradores. E a tendência é que indústrias locais e multinacionais intensifiquem a procura pelo produto nos próximos anos (PARANÁ ONLINE, 2010).

A cultura de girassol ainda ocupa pequena área plantada no Brasil, mas tem apresentado rápido crescimento. No Paraná, o girassol ocupa uma área de 1,2 mil hectares, em torno de 1,4% da área plantada no país. Nesta safra normal, ou primeira safra, ele pode ser cultivado em praticamente todo o território paranaense, ao passo que na segunda safra, ou “safrinha” é cultivado em áreas mais restritas no Estado, em função de limitações climáticas. Na região em algumas propriedades as lavouras de girassol já estão sendo mais difícil serem encontradas. (PARANÁ ONLINE, 2010).

Algumas propriedades em Anahy, Corbélia e Braganey já estão colhendo o girassol. Os trabalhos estão sendo acompanhados pela Unioeste que recentemente fez um levantamento de produtividade com as lavouras de girassol da região. A produtividade média foi de 108 sacas por alqueire, com um custo de produção de aproximadamente R\$ 800,00. Comparados a soja oleaginosa apresenta vantagem aos períodos de safra (dois por ano), como mostra a tabela 3.1. (PARANÁ ONLINE, 2010).

TABELA 3.1 DE COMPARAÇÃO

Fatores	Soja	Girassol
Produção sacas / alqueires	130	108
Custo de produção/alqueire	R\$ 1.680,00	R\$ 825,00
Preço de venda	R\$ 28,00	R\$ 33,00
Época de plantio	01 safra/ano	02 safras/ano
Aplicação de inseticidas	02 aplicações	01 aplicação
Aplicação de fungicidas	02 aplicações	nenhuma

FONTE: UNIOESTE (2010)

3.8 Óleos vegetais como combustível alternativo

O Brasil, em função de sua biodiversidade, possui uma gama de oleaginosas com potencial para a produção de óleo vegetal e/ou biodiesel, dispondo de uma enorme diversidade de plantas oleaginosas, tanto nativas como exóticas bem adaptadas, e de condições climáticas favoráveis para se tornar um grande produtor de combustíveis à base de óleos vegetais como pode ser visualizado na Tabela 4.

TABELA 4. CULTIVO OLEAGINOSAS COM POTENCIAL PARA PRODUÇÃO DE ÓLEO VEGETAL E BIODIESEL, E REFERÊNCIA MÉDIA DE PRODUTIVIDADE DE ÓLEO POR HECTARE.

Matéria Prima	Rendimento (L ha ⁻¹)	Matéria Prima	Rendimento (L ha ⁻¹)
Milho	170 a 200	Castanha de caju	170 a 220
Caroço de algodão	280 a 340	Dendê	3700 a 6000
Soja	440 a 550	Café	450 a 500
Semente de abóbora	500 a 600	Semente de coentro	530 a 570
Mostarda	550 a 600	Gergelim	600 a 800
Arroz	700 a 900	Girassol	720 a 940
Mamona	740 a 1000	Cacau	800 a 1000
Amendoim	900 a 1100	Azeitona	1200 a 1500
Carnaúba	1300 a 1700	Noz pecã	1430 a 1520
Jajoba	1640 a 2000	Pinhão manso	1800 a 3000
Macadâmia	1920 a 2240	Castanha-do-pará	2000 a 2500
Abacate	2200 a 2800	Coco	2100 a 2900

Os números consideram a produtividade média da cultura

Fonte. JAKUBASZKO (2006)

Um dos problemas dos óleos vegetais, quando utilizados como combustível, é a alta viscosidade, quando comparados com o pertodiesel, daí um dos motivos para transformação em biodiesel (TEIXEIRA, 2005a). Para isso, estes devem ser filtrados e passar por processos de degomagem, que se constituem na retirada de fosfolipídios ou fosfatídeos hidratáveis (gomas) do óleo vegetal, para este se utiliza água como via do processo de retirada, a qual é feita por diferença de densidade. Esse processo é básico quando os óleos são extraídos por processos mecânicos (DORSA, 1995).

Os fosfolipídios ou gomas são classificados como lipídios compostos, pois, possuem outros grupos na molécula além de ácidos graxos e alcoóis, e são divididos em três categorias, sendo estas os fosfatídios, as ceras e os sulfolipídios:

Os fosfatídios também conhecidos como ésteres fosfóricos de diglicerídios, são ácidos graxos que possuem na molécula, ácido fosfórico e um composto nitrogenado. Estes compostos apresentam influência negativa na estabilidade dos óleos, principalmente quando este é destinado como alimento, pois causam problemas na cor e no sabor (BOBBIO & BOBBIO 1985).

As ceras são ésteres de ácidos graxos e mono-hidroxicarbohidratos de alto peso molecular, com uma base nitrogenada. Estes compostos possuem alto ponto de fusão, é altamente resistente a decomposição e são insolúveis em água (BOBBIO & BOBBIO, 1985). Dependendo da quantidade presente no óleo, quando são submetidos a baixas temperaturas, causam turbidez, pois possuem tendência de se cristalizarem. Algumas culturas como girassol, milho e arroz necessitam ser decerados. O processo consiste em manter-los 24 horas a zero °C e mais três dias a temperatura ambiente, para a retirada completa das ceras (DORSA, 1995).

Um dos processos para transformação do óleo vegetal em biodiesel, e o mais conhecido, é a transesterificação, a qual foi muito estudada durante o período da segunda guerra mundial e pós-guerra, na França e Bélgica. A transesterificação é definida como a reação de um triacilglicerol (óleo ou gordura), com um álcool (etanol, propanol, etc.), catalisada por ácidos, bases ou enzimas (TEIXEIRA, 2005).

Quanto à transesterificação há duas rotas alcoólicas para tal, sendo uma delas metílica e a outra etílica. Enquanto a metílica é a mais estudada e tem a vantagem da recuperação facilitada do álcool excedente, ou álcool de aceleração da reação, na etílica a separação da glicerina dos ésteres é mais complexa, onde o álcool recuperado não poderá ser reutilizado devido ao teor de água adquirido durante a reação, onde a água entra como redutor da velocidade de reação (TEIXEIRA, 2005). Com a rota etílica, pode-se chegar a até 92% de rendimento médio em ésteres sobre o óleo utilizado (girassol) sendo que rendimento é afetado pela temperatura de reação, tipo e concentração do catalisador e, o mais significativo é a razão molar etanol/óleo vegetal (PIGHNELLI et al., 2006).

Os co-produtos resultantes da transesterificação são representativos. O principal é a glicerina, normalmente com grau de pureza inferior ao ideal de comercialização. Esta é comum a todas as rotas de transesterificação para produção

de biodiesel, independente da oleaginosa utilizada. Os demais co-produtos (torta e fibras) possuem dependência qualitativa da oleaginosa processada.

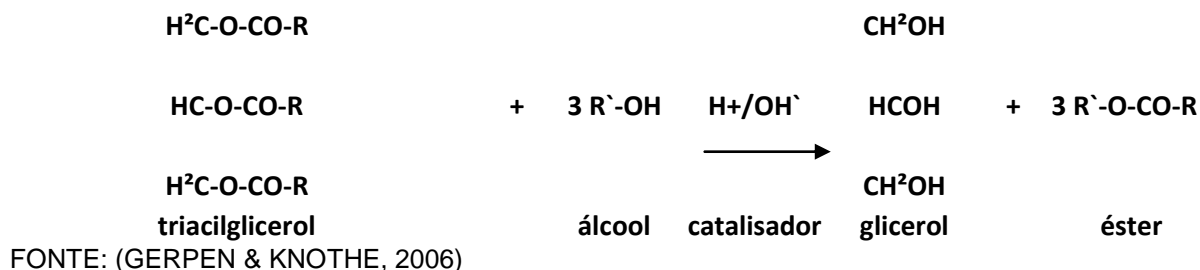


FIGURA 3. REAÇÃO QUÍMICA DO PROCESSO DE TRANSESTERIFICAÇÃO

O contínuo aperfeiçoamento da injeção nos motores diesel trouxe rendimentos crescentes, porém inviabilizou o uso de óleos vegetais in natura como combustível nos motores diesel. Isso devido à exagerada viscosidade dos óleos vegetais (cerca de 10 vezes maior que a do óleo diesel), ao baixo índice de cetano e à elevada taxa de resíduo de carbono. Estudos demonstram que o uso de óleos vegetais in natura em motores diesel com combustão direta (ausência de pré-câmara de combustão), é tecnicamente inviável, pois causa formação de resíduos sólidos, entupindo os bicos injetores. (GERPEN & KNOTHE, 2006)

A criação do Programa Nacional de Biocombustíveis em 2002 foi o passo inicial para desencadear uma série de ações nessa área. Paralelamente aos estudos de biodiesel e face o custo do processo de transesterificação, surgiram ações de incentivo ao uso do óleo vegetal não processado (óleo bruto ou in natura). Em 2003 e 2004 eram comuns em feiras agrícolas demonstrações de tratores sendo abastecidos com óleo vegetal bruto. Desde então, muitos produtores, por desinformação (confundem biodiesel com óleo vegetal bruto), ou por uma falsa idéia de economia (custo do litro de diesel X custo do litro de óleo vegetal), passaram a utilizar em suas máquinas agrícolas diferentes tipos de óleos vegetais puros ou misturados ao diesel. (DALALIBERA, 2009).

Tais experiências contrariam a maioria das citações encontradas sobre o uso de óleo vegetal in natura para alimentar motores diesel. De acordo com autores, os principais problemas encontrados são carbonização dos bicos injetores, travamento

de anéis dos pistões, contaminação do óleo lubrificante, entre outros (PETERSON et.al., 1983).

Projeções indicaram que, devido aos maiores custos de manutenção, o óleo vegetal seria viável em relação ao petrodiesel, apenas quando o último custasse no mínimo 25% a mais que o óleo vegetal (SOARES et. al., 2000).

3.9 A sustentabilidade do combustível alternativo

A inclusão social e o desenvolvimento regional especialmente viam geração de emprego e renda, devem ser os princípios orientadores básicos das ações direcionadas ao biodiesel, o que implica dizer que sua produção e consumo devem ser promovidos de forma descentralizada e não-excludente em termos de rotas tecnológicas e matérias-primas utilizadas (MOREIRA, 2006).

Estimativas feitas por estudos realizados pelo MDA, MAPA e MDIC mostram que, a cada mistura de 1% de biodiesel no diesel (B+1), quando há a participação da agricultura familiar no processo produtivo, gera uma possibilidade de criação de aproximadamente 40 mil empregos no campo, entre diretos e indiretos, com uma renda média de 5 mil reais por ano cada (MOREIRA, 2006).

A CCR Rodonorte preocupa com impacto ambiental buscou parceira com outras entidades para o desenvolvimento de um projeto de reciclagem de óleo de cozinha usado e no dia 23 de setembro de 2010 foi firmado um acordo entre as seguintes empresas para o desenvolvimento do projeto na cidade de Ponta Grossa, sendo elas:

ACIPG, ASSOCIAÇÃO COMERCIAL E INDUSTRIAL DE PONTA GROSSA;

RÁDIO MUNDI;

MERIDIONAL TCS;

PGS, PONTA GROSSA AMBIENTAL;

RODONORTE CONCESSIONÁRIA DE RODOVIAS INTEGRADAS S/A;

TOZETTO, TOZETTO & CIA LTDA;

Com objetivo na execução do Projeto **"Reciclagem de óleo de Cozinha"**, por meio do estabelecimento de vínculo de cooperação entre todos os seus signatários; e que possui o objetivo de conscientizar a população de Ponta Grossa para os malefícios do descarte inadequado do óleo de cozinha usado no meio ambiente, bem como para estimular a reciclagem deste produto.

Foi idealizado a confecção de totem que servirá como ponto de entrega e acondicionamento para as embalagens com óleo de cozinha usado, a serem entregues voluntariamente pela população, divulgação do projeto na imprensa local, por meio de folders, **VT** publicitário, spots em emissora de rádio, internet, jornais impressos e outros canais, transporte do óleo de cozinha para empresa que irá processar o óleo de cozinha e utilização do produto como combustível que será utilizado em um veículo para pesquisa.



4 METODOLOGIA

Este trabalho está sendo desenvolvido na CCR RodoNorte, empresa de concessão de rodovias em parceria com a Retificadora de Máquinas (Retimaq), Audisa e UEPG.

Está sendo utilizado um veículo Chevrolet S-10 Turbo diesel 04 (quatro) cilindros com sistema de gerenciamento eletrônico de injeção conforme descrição da tabela 5, e visualizada na figura 4.

TABELA 5. ESPECIFICAÇÃO DO VEÍCULO.

Fabricante	Chevrolet do Brasil
Modelo	S-10
Número de cilindros	4
Pressão de compressão	28 bar
Ciclo	Diesel - 4 tempos
Tipo injeção	Direta
Diâmetro / curso pistão	93 / 103 mm
Cilindra unitária	0,700 dm ³
Cilindra total	2,800 dm ³
Taxa de compressão	17,8:1



FIGURA 4 VEÍCULO S-10 UTILIZADO NO ENSAIO

Utilizou-se como combustível óleo vegetal de girassol (*Helianthus annuus*, L.). Este pelo fato de ser uma cultura com alto rendimento em óleo, quando comparada com outras culturas como milho, soja e algodão; ser adaptada em qualquer região, sendo assim pode entrar como alternativa no sistema de rotação de culturas. Esta cultura é boa opção para agricultura familiar.

Deste óleo retiram-se três amostras que foram enviadas para o Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR), sendo uma amostra de 0,200 ml enviada para a Divisão de Análise e Ensaio Tecnológicos (Laboratório de Alimentos), para análise de determinação de ácidos graxos (referência: AOAC – Official Method of Analysis, 18^a Ed. 2005 – 969.33). A segunda amostra de 2.000 ml foi enviada para a Divisão de Biocombustíveis para levantamento de parâmetros de qualidade de combustível do óleo vegetal, como mostra a Tabela 6. A terceira amostra foi coletada para determinação da curva de viscosidade do óleo nas temperaturas de 25, 38, 50, 70 e 90 °C, utilizando um viscosímetro de Ostwald, com tubo capilar de Cannon-Frenske de 150, para líquidos transparentes. A viscosidade do óleo foi determinada em temperaturas menores que 100 °C, por limitação do viscosímetro, o qual utiliza água como condutora de temperatura para o óleo do tubo capilar, isto é, o tubo capilar fica imerso em água a temperatura pré-estabelecida de ensaio. Esta viscosidade foi determinada através da comparação do tempo de escoamento do óleo pelo tubo capilar com o tempo de água no mesmo, sendo a relação feita com base na viscosidade da água, nas mesmas temperaturas estudadas para o óleo, pois a viscosidade da água já é conhecida por referências de tabela (HANDBOOK OF CHEMISTRY AND PHYSICS, 1989 – 1990).

**TABELA 6. PARÂMETROS DE QUALIDADE DE COMBUSTÍVEL ANALISADAS
PARA O ÓLEO VEGETAL UTILIZADO.**

Variáveis	Método
Aspecto e cor	Visual
Corrosividade ao cobre 3h a 50 °C	NBR 14.359
Massa específica a 15 °C (kg m ⁻³)	NBR 7.148
Viscosidade cinemática a 40 °C (mm ² s ⁻¹ - cSt)	NBR 10.441
Microresíduo de carbono (% massa)	ASTM D 4.530
Índice de iodo (gl ₂ 100g ⁻¹)	EN 14.111
Índice de acidez (mgKOH g ⁻¹)	NBR 14.248
Estabilidade a oxidação a 110 °C (h)	EN 14.112
Poder calorífico superior (J g ⁻¹)	ASTM D 240
Poder calorífico superior (cal g ⁻¹)	ASTM D 240
Ponto de fulgor corrigido (°C)	NBR 11.341
Ponto de fluidez (°C)	NBR 11.349
Insolúveis (mg kg ⁻¹)	AOCS ca 3a-46
Fósforo - P (mg kg ⁻¹)	EN 14.107
Sódio - Na (mg kg ⁻¹)	EN 14.538
Potássio - K (mg kg ⁻¹)	EN 14.538
Calcio - Ca (mg kg ⁻¹)	EN 14.538
Magnésio - Mg (mg kg ⁻¹)	EN 14.538

Antes de começar o ensaio, o motor do veículo foi retirado e retificado por completo. No cabeçote, foram trocadas as guias e sedes de válvulas e, colocadas válvulas novas, tanto para admissão (quatro) quanto para exaustão (quatro), também se retirou deformações da superfície de acoplamento do cabeçote com o bloco, deixando a saliência da camisa montada no bloco de 6,04 – 6,06 mm

Camisa do cilindro

Diâmetro interno 93,000 – 93,022 mm

Diâmetro externo para ajuste no bloco 96,071 – 96,093 mm

Desgaste máximo do diâmetro interno é de 0,06 mm e ovalização máxima do diâmetro interno de 0,020 mm

Bronzina dos mancais

Diâmetro interno 70,036 – 70,079 mm

Desgaste máximo dos munhões para serviço (diâmetro mínimo) é de 69,10 mm

Bronzina de biela

Diâmetro interno 55,030 – 55,069 mm

Diâmetro do alojamento da bronzina 59,000 – 59,019 mm

Diâmetro do aloj. da bucha do pino	38,500 – 38,516 mm
------------------------------------	--------------------

Diâmetro interno da bucha montada	35,040 – 35,087 mm
-----------------------------------	--------------------

Pistão

Altura das canaletas dos anéis

1ª canaleta	2,50 mm
-------------	---------

2ª canaleta	2,06 – 2,08 mm
-------------	----------------

3ª canaleta	3,02 – 3,04 mm
-------------	----------------

Foi adaptado um tanque de combustível com capacidade de 200 litros na caçamba do veículo como mostra a Figura 5, neste tanque será utilizado combustível alternativo como óleo vegetal, ficando o tanque original do veículo para utilização do óleo diesel para funcionamento inicial do motor para depois de 15 minutos passa para o outro tanque através de uma chave de botão instalada no painel do veículo conforme Figura 6.



FIGURA 5. ADAPTAÇÃO DO TANQUE

Esta chave de que foi instalada no painel do veículo tem a finalidade de alternar os combustíveis utilizados nos tanques por meio de 02 (duas) válvulas eletropneumáticas MGA 3 vias 110 v instaladas para os tanques de combustíveis e retorno do combustível para o tanque. Quando a chave está ligada para o combustível alternativo uma lâmpada acende orientando o condutor que o combustível utilizado não é o combustível original do veículo no caso óleo diesel.



FIGURA 6. CHAVE DE BOTÃO

Foram adaptadas duas válvulas sendo uma válvula instalada na parte superior do motor que controla o fluxo do combustível do tanque que utiliza o combustível alternativo em nosso caso óleo vegetal ou óleo diesel direcionando o combustível para bomba de alta pressão e alimentação do motor. A outra válvula está instalada na parte inferior do motor que por sua vez controla o fluxo de retorno do combustível com óleo diesel ou óleo vegetal para seus respectivos tanques. As válvulas instaladas são de 3 vias sendo uma entrada, saída para a bomba e um retorno do excesso do combustível para o tanque. O corpo das válvulas é de inox com capacidade para resistirem a altas temperaturas até 150 °C e não serem danificadas.

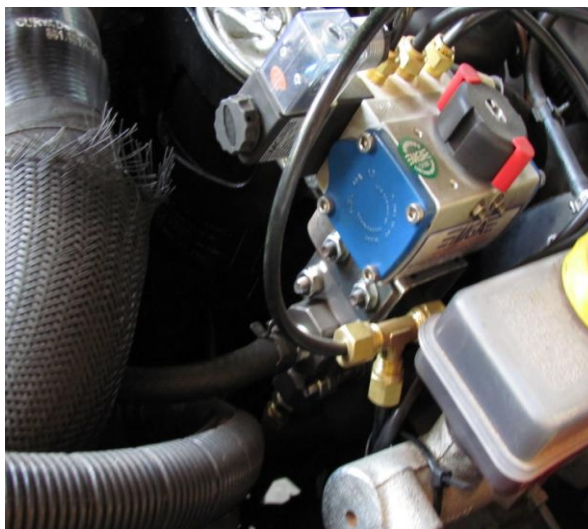


FIGURA 7. VÁLVULA SUPERIOR



FIGURA 7.1. VÁLVULA INFERIOR

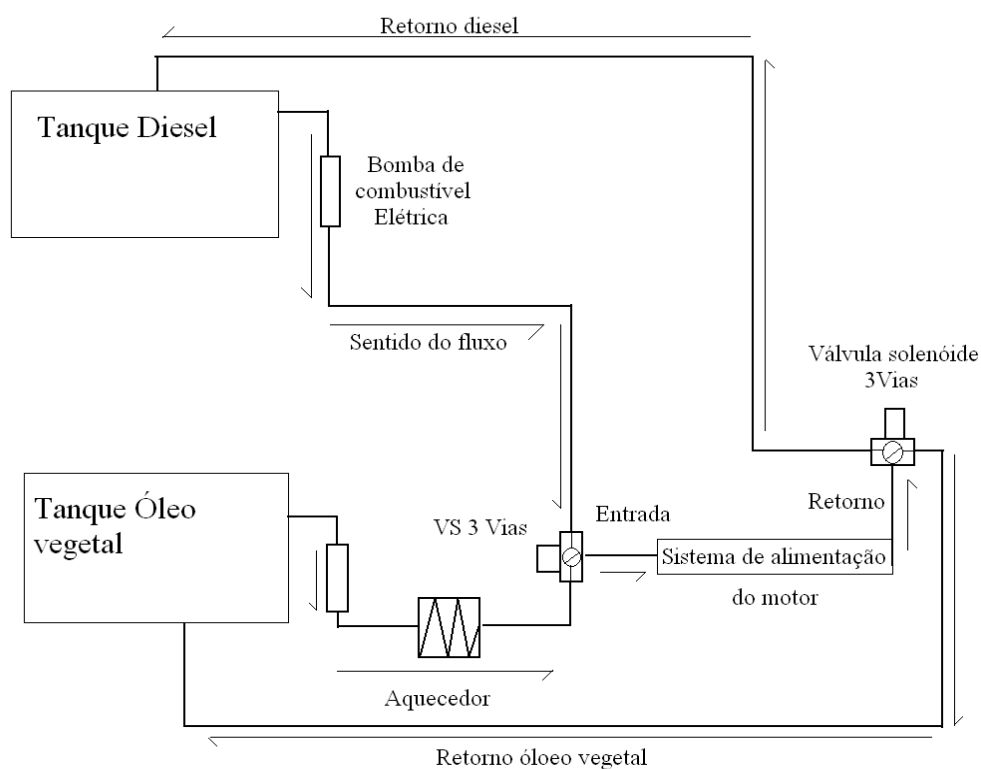


FIGURA 7.2 ESQUEMA ADAPTAÇÃO DAS VÁLVULAS

Como as válvulas adaptadas são de corrente contínua 110v houve a necessidade da instalação de um conversor de corrente 220v - 12v – da marca Voyager DC – AC 1600w mod. PC 8-600G conforme Figura 8.



FIGURA 8. CONVERSOR DE CORRETE.

Para auxiliar as válvulas para o funcionamento individual entre os tanques de combustíveis as bombas de alimentação com e o retorno de combustível para seu respectivo tanques utilizado no memento, foram instalados 02 relês auxiliares 12 v e 02 relês temporizadores 12 v para atuarem em conjunto com as válvulas, conforme Figura 8.1

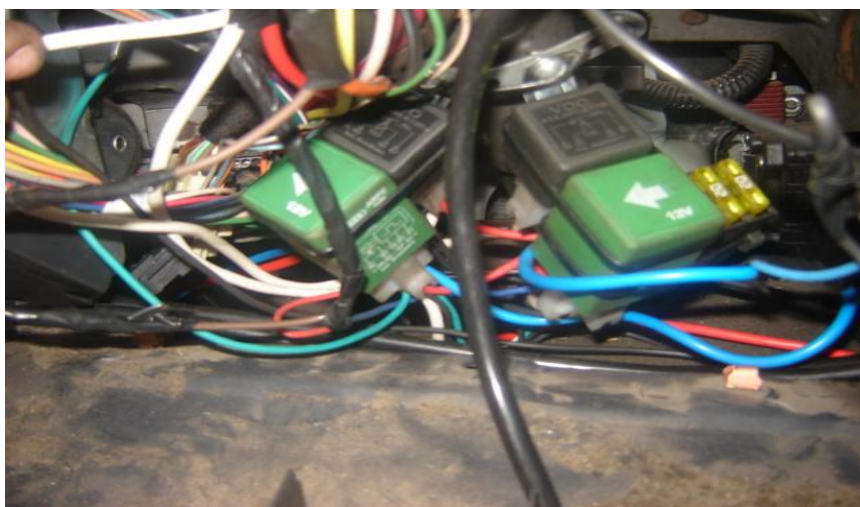


FIGURA 8.1 RELÊ

Antes de iniciar os ensaios todos os injetores passaram por testes realizados em bancada, no aparelho EPS 200 Bosch como mostra a figura 9, utilizando fluido de calibração para sistema de injeção eletrônica diesel, tendo este como composição química: hidrocarbonetos alifáticos (estrutura carbônica da cadeia aberta), óleo mineral e aditivos anticorrosivos (Castrol Ultra seni 4113®) os injetores apresentaram as seguintes pressões tempo zero (t_0).

Injetor do 1º cilindro				Débito de injeção		Débito de retorno	
Passo de teste	Duração da excitação	Pressão	Tempo de medição	Valor nominal	Valor real	Valor nominal	Valor real
	μs	Mpa	(s)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)
LEAK TEST	0	140	90			35 \pm 35	4,24
VL	800	135	90	69,5 \pm 4,2	72,48	35 \pm 35	27,37
VE	160	80	90	1,5 \pm 1,3	2,46		
LL	625	25	90	5 \pm 2	4,64		

Injetor do 2º cilindro				Débito de injeção		Débito de retorno	
Passo de teste	Duração da excitação	Pressão	Tempo de medição	Valor nominal	Valor real	Valor nominal	Valor real
	μs	Mpa	(s)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)
LEAK TEST	0	140	90			35 \pm 35	3,2
VL	800	135	90	69,5 \pm 4,2	69,4	35 \pm 35	30,21
VE	160	80	90	1,5 \pm 1,3	2,34		
LL	625	25	90	5 \pm 2	4,2		

Injetor do 3º cilindro				Débito de injeção		Débito de retorno	
Passo de teste	Duração da excitação	Pressão	Tempo de medição	Valor nominal	Valor real	Valor nominal	Valor real
	μs	Mpa	(s)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)
LEAK TEST	0	140	90			35 \pm 35	3,36
VL	800	135	90	69,5 \pm 4,2	70,31	35 \pm 35	27,07
VE	160	80	90	1,5 \pm 1,3	2,57		
LL	625	25	90	5 \pm 2	4,95		

Injetor do 4º cilindro				Débito de injeção		Débito de retorno	
Passo de teste	Duração da excitação	Pressão	Tempo de medição	Valor nominal	Valor real	Valor nominal	Valor real
	μs	Mpa	(s)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)
LEAK TEST	0	140	90			35 \pm 35	7,22
VL	800	135	90	69,5 \pm 4,2	68,88	35 \pm 35	27,37
VE	160	80	90	1,5 \pm 1,3	2,66		
LL	625	25	90	5 \pm 2	4,15		

Ensaio 18/06/2010

LEAK TEST	TESTE DE ESTANQUEIDADE
VL	DÉBITO TOTAL (máximo injeção)
VE	VALOR DE EMISSÃO
LL	MARCHA LENTA



FIGURA 9. ENSAIO DOS INJETORES DE COMBUSTÍVEL.

Quando estava instalando os injetores foi mensurada a pressão de compressão dos cilindros através de um manômetro analógico instalado no lugar do injetor como mostra a Figura 10.



FIGURA 10. TESTE COMPRESSÃO DOS CILINDROS.

TESTE EMISSÃO DE GASES

Foi instalado um equipamento opacímetro marca Bosch para medição do nível de emissão de gases para atmosfera sendo utilizado o óleo diesel e óleo vegetal na proporção de 30% no tanque auxiliar adaptado como combustíveis para o ensaio, depois de instalado o equipamento e dada à partida no motor e iniciado os testes de rotação em marcha lenta e rotação de corte do sistema de alimentação, depois de realizado as medições de opacidade que parametrizado pelo equipamento conforme os resultados dos testes e finalizado e emitido laudo técnico com resultados sendo aprovado ou reprovado conforme Figuras 11 e 11.1



FIGURA 11. ENSAIO DE EMISSÃO DE GASES.



FIGURA 11.1. MONITORAMENTO DO ENSAIO.

A metodologia de trabalho consistiu na ignição do motor sempre óleo diesel por um período de 15 minutos com o veículo parado ou em movimento, para aquecimento do motor, e depois deste período, através da chave de botão onde é feita alteração do combustível por meio das válvulas de direcionamento, passando o motor a ser alimentado por óleo vegetal. Durante o período de funcionamento do veículo na rodovia procurou-se manter uma velocidade de cruzeiro entre 60 e 80 km/h com rotação do motor 1.800 – 2.400 rpm, a pressão do óleo do motor em marcha lenta 2,5 bar e em rotação de cruzeiro com 6,5 bar e temperatura do sistema de arrefecimento entre 70 – 86 °C. Antes de desligar o motor passava-se para alimentação com óleo diesel pelo mesmo período de 15 minutos com o veículo em movimento, para que o sistema volte a trabalhar com óleo diesel. Esta metodologia foi utilizada para evitar problemas com ignição (partida), quando o motor estivesse frio, pelo fato da alta viscosidade do óleo vegetal causar problemas com atomização e obstrução no encanamento em todo o sistema de alimentação.

O trabalho constitui-se em ensaios com óleo vegetal sendo este puro e com misturas de 50%, 30% e 70% de óleo vegetal com óleo diesel. O óleo combustível passava por um sistema de aquecimento da mistura de combustível sai do tanque passa por um filtro de combustível adaptado para reter algum tipo de impureza no óleo, como mostra a Figura 12. Seguindo por um encanamento de cobre com 3/8” de diâmetro, este por sua vez passava dentro do tubo de escapamento do veículo próximo ao coletor onde a temperatura chega a ser superior a 100 °C, como mostra a Figura 13 até chegar a bomba de alta pressão.



FIGURA 12. FILTRO DE COMBUSTÍVEL ÓLEO VEGETAL



FIGURA 13. ENCANAMENTO DE COBRE

O objetivo do aquecimento do óleo vegetal utilizado como combustível foi diminuir a viscosidade do mesmo, pois segundo Ryan III et al. (1984), com a redução da viscosidade, reduz-se o esforço do combustível e consequentemente o desgaste e melhorar a atomização do combustível pelo injetor na câmara de combustão. Além do aquecimento houve a necessidade de se fazer misturas de óleo diesel com o óleo vegetal por motivo de aumento da pressão no sistema de alimentação, no caso do veículo utilizado para os testes ser com gerenciamento eletrônico existe um parâmetro para o sistema 320 bar – 1.400 bar na marcha lenta e alta rotação, quando a pressão no sistema é superior a 1.400 bar uma válvula de segurança corta a alimentação do motor e o veículo para de funcionar.

A temperatura idealizada para aquecimento do óleo vegetal foi de 150 °C, pois segundo Inoue et al. (2005), até esta temperatura ocorre o maior decréscimo de viscosidade para o óleo vegetal de girassol, sendo que após esta, o decréscimo é pequeno. Ryan III et al. (1984), também encontrou valores semelhantes com relação à temperatura do óleo vegetal na entrada da bomba, recomendando uma temperatura de 140 °C, onde encontrou viscosidade em torno de 5 mm² s⁻¹ (viscosidade cinemática, cSt). Já Inoue et al. (2005), encontrou para o girassol, uma

viscosidade de aproximadamente $9,93 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ (cSt) a $150 \text{ }^\circ\text{C}$, quando comparado com a média do óleo diesel neste trabalho ($3,8 \text{ cSt}$), a temperatura de $38 \text{ }^\circ\text{C}$, esta aproximadamente 2,6 vezes maior. No caso do girassol a temperatura de $38 \text{ }^\circ\text{C}$, tem $32 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ de viscosidade cinemática, sendo aproximadamente 8 vezes maior que a do óleo diesel, a esta mesma temperatura.

O ensaio teve duração de 50 horas de funcionamento do motor em regime de condições de trabalho normal na operação de inspeção e monitoramento da rodovia no trecho entre as cidades de Ponta Grossa a Carambei no qual correspondeu a 2.413 km percorridos. O motor passou por análise de gases, teste dos injetores. O óleo lubrificante foi trocado por um novo no início do ensaio, sendo utilizada uma quantidade recomendada de 10 litros de óleo lubrificante com especificação 15 w 40 (Lubrax Turbo®) sendo compostos por óleo básico mineral mais aditivo detergentes, dispersantes, antidesgate, antioxidante e antiespumante. No final do ciclo de 50 horas retirou-se uma amostra, a qual foi enviada para o Laboratório especializado Laboroil, para proceder a uma avaliação do óleo lubrificante, sendo os parâmetros avaliados listados na Tabela 7.

TABELA 7. VARIÁVEIS ANALISADAS PARA O ÓLEO LUBRIFICANTE

Descrição	Norma	Descrição	Norma
Viscosidade (CST) 40	ASTM D445	Níquel	ASTM D4951
Água	D4377	Cálcio	ASTM D4951
Alumínio	ASTM D4951	Sódio	ASTM D4951
Cobre	ASTM D4951	Prata	ASTM D4951
Cromo	ASTM D4951	Boro	ASTM D4951
Ferro	ASTM D4951	Bário	ASTM D4951
Silício	ASTM D4951	Magnésio	ASTM D4951
Chumbo	ASTM D4951	Manganês	ASTM D4951
Zinco	ASTM D4951	Fósforo	ASTM D4951
Estanho	ASTM D4951	Titânio	ASTM D4951
Molibdênio	ASTM D4951	Vanádio	ASTM D4951

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Composição dos ácidos graxos presentes na cultura do Girassol

Na Tabela 8, apresenta-se a análise de determinação de ácidos graxos que fazem parte da composição do óleo de girassol utilizado.

TABELA 8. ÁCIDOS RAXOS

Ácidos graxos	Utilizado (g kg ⁻¹)	Ryan III et al. (1984) (g kg ⁻¹)	Peterson et al . (1983) (g kg ⁻¹)	Hancsók et al. (2004) (g kg ⁻¹)
Marístico (14:0)	-	5,0	-	1,0
Palmístico (16:0)	134,5	58,0	64,0	82,0
Estearico (18:0)	82,7	48,0	42,0	36,0
Oléico (18:1)	216,7	183,0	239,0	277,0
Linolêico (18:2)	494,6	686,0	614,0	584,0
Linolênico (18:3)	2,9	2,0	30,0	5,0
Araquídico (20:0)	7,3	-	-	2,0
Eicosenóico (20:1)	7,2	-	-	2,0
Behênico (22:0)	25,0	8,0	-	6,0
Erúcico (22:1)	22,9	5,0	-	-
Lignocérico (24:0)	6,2	5,0	-	2,0

De acordo com a Tabela 8, pode-se observar que os resultados da caracterização dos ácidos graxos do óleo vegetal utilizado em relação aos resultados obtidos na literatura, que mesmo sendo da mesma cultura, ocorrem grandes variações em sua composição química. Essas variações são decorrentes de uma diversidade de fatores, que podem ser desde intrínsecos a planta, como por exemplo, a genética, que segundo Marcos Filho (2005), o melhoramento genético pode selecionar matérias com composição química específica, a posição da semente em relação ao capítulo também tem papel importante, onde as sementes formadas nas regiões medianas e periféricas, em geral, apresentam teores maiores de óleo em relação às da região central, a qual se deve a nutrição deficiente dos frutos, devido a fatores fisiológicos, sendo os frutos da região central os últimos a serem formados, e quando chegam à fase de enchimento, a planta já está em fase de declínio de produção fotossintética.

Existe também a influência de fatores extrínsecos, ou fatores do ambiente, onde segundo Castro et al. (2006), são fatores tão importantes quanto os fatores intrínsecos na determinação da composição dos ácidos graxos, quando dentro de uma mesma cultura. De acordo com Petcu et al. (2001), a fase mais importante influência do ambiente na composição de ácidos graxos, para o caso de grãos de girassol, é a fase de enchimento. No caso de estresse hídrico, Castro et al. (2006), encontraram que o suprimento deficiente de água acelera senescência foliar e reduz o período de acúmulo de reserva, causando redução do teor de óleo das sementes.

Para os casos demonstrados na Tabela 8, pode-se observar que o ácido graxo predominante para a cultura do girassol, é o linoléico seguido do ácido oléico, para o caso do óleo estudado, os dois juntos compõem cerca de 70% dos ácidos graxos do óleo utilizado como combustível. Ryan III et al. (1984), realizando testes de oxidação térmica em injeção (qualidade combustível dos óleos), encontrou correlação positiva com a quantidade de ácidos graxos insaturados e quantidade de depósito formada, onde a quantidade e o número de insaturações é fator importante, principalmente com relação ao ácido graxo linolênico (18:3), embora sua quantidade nos óleos em geral, seja muito pequena. Com esta, pode-se dizer que o óleo de girassol utilizado como combustível é propenso a formação de depósitos, pela sua alta relação de ácidos graxos insaturados.

Outro fator importante é com relação à quantidade de ácidos graxos saturados da cadeia carbônica longa, como o ácido araquídico (20:0), behênico (22:0) e lignocérico (24:0), os quais juntos compõem cerca de 3,8% da composição do óleo utilizado. Estes ácidos graxos são importantes, pois de acordo com Bobbio & Bobbio (1985), podem ser enquadrados no grupo das ceras, pois possuem ponto de fusão em torno de 80°C e são resistentes a todos os tipos de degradação, inclusive térmica; por isso podem sofrer oxidação térmica incompleta ou até pirólise dentro da câmara de combustão, e seus produtos podem ficar aderidos nos componentes como injetores, pistão, cabeçote e válvulas, na Tabela 9 mostra os parâmetros de qualidade combustível analisado para o óleo de girassol utilizado e especificações recomendadas para o óleo vegetal.

TABELA 9. PARÂMETROS DE QUALIDADE PARA O ÓLEO DE GIRASSOL

Ensaio	E DIN 51 605	Resultado
Aspecto e cor ¹	-	LII / Amarelo
Corrosividade ao cobre 3h a 50 °C	-	1a
Massa específica a 15 °C (kg m ⁻³)	900-930	917,2
Viscosidade cinemática a 40 °C (mm ² s ⁻¹ - cSt)	36 (máx)	37,68
Microresíduo de carbono (% massa)	0,4 (máx)	0,42
Índice de iodo (gl2 100g ⁻¹)	95-125	115
Índice de acidez (mgKOH g ⁻¹)	2,0 (máx)	12,63
Estabilidade a oxidação a 110 °C (h)	6,0 (min)	2,7
Poder calorífico superior (J g ⁻¹)	36000 (min)	39470
Poder calorífico superior (cal g ⁻¹)	-	9435
Ponto de fulgor corrigido (°C)	220 (máx)	277
Ponto de fluidez (°C)	-	-7
Insolúveis (mg kg ⁻¹)	-	0,02
Fósforo - P (mg kg ⁻¹) ²	12 (máx)	< 2,0
Sódio - Na (mg kg ⁻¹) ²	-	< 5,0
Potássio - K (mg kg ⁻¹)	-	5,6
Calcio - Ca (mg kg ⁻¹)	20 (máx)	2,9
Magnésio - Mg (mg kg ⁻¹) ²	20 (máx)	< 2,0

1- Límpido e isento de impureza

2- Limite de detecção do equipamento – 2,0 e 5,0 mg kg⁻¹

3- FP (Recentemente polido); 1^a (Levemente manchado de laranja claro); 1b (Levemente manchado de laranja escuro) (RYAN III et al. 1984)

Com relação ao resíduo de carbono, este se mostra normal de acordo com o padrão de qualidade do óleo vegetal, quando comparado com os padrões ASTM (DUNN, 2006) de combustível, o qual exige teores de percentagem em massa inferiores a 0,05%, no resultado apresentado foi 0,42% pode-se considerar muito elevado.

Para o caso do índice de iodo, Ryan III et al. (1984) encontraram correlação entre índices de iodo e tipo de ácidos graxo, na carbonização, onde índices de iodo elevado em óleos com maiores quantidades de ácidos graxos saturados, causam menor carbonização no motor. Os parâmetros para o ponto de fulgor, segundo Brasil (1999), dizem respeito à segurança para o manuseio do produto, quanto menor o

valor (graus Celsius), maiores são as possibilidades de ocorrerem acidentes com a inflamação do produto, também indica contaminação do óleo combustível por produtos mais leves, tanto em densidade como em esqueleto carbônico.

Os elementos fósforo, sódio, potássio, cálcio e magnésio, para o caso de óleo combustível, a existência de qualquer quantidade destes elementos pode ser considerado prejudicial ao motor, podendo causar desgaste nos elementos, e formação de depósitos.

O no ensaio foi feito com 100% de óleo vegetal como combustível, o motor entrou em funcionamento com óleo diesel e após 15 minutos de funcionamento passou para o combustível alternativo o motor funcionou por aproximadamente 50 minutos e o motor parou de funcionar, foi observado que no painel do veículo acendeu luz de anomalia no sistema de injeção eletrônica, fizemos uma leitura no módulo de gerenciamento eletrônico e o código da falha 067 alta pressão no sistema de alimentação.

O motor foi posto em funcionamento novamente, porém instalamos o aparelho scanner Bosch para verificar pressão no sistema, conforme especificações técnicas do fabricante a pressão de funcionamento para este modelo de veículo utilizado no ensaio é de 1.400 bar pressão rail, a leitura feita com o motor em funcionamento com óleo vegetal a 2.000 – 2.200 rpm foi superior chegando a 1.680 bar como medida de segurança a pressão é controlada por uma válvula que corta o funcionamento do motor para que não ocorra rompimento na tubulação.

Este aumento da pressão é devido à alta viscosidade o óleo vegetal mesmo sendo aquecido a uma temperatura de 72°C, de acordo com análise de viscosidade o óleo utilizado acaba entrando nos injetores a uma viscosidade de 34,7 a 21,3 cSt, onde comparado com o óleo diesel 3,8 cSt a 38°C é de 9,1 e 5,6 vezes maior.

No ensaio foi feito uma mistura de 50% de óleo vegetal com 50% de óleo diesel o veículo foi posto em funcionamento primeiro com óleo diesel e após 15 minutos do aquecimento do motor foi acionada a chave passando o motor a funcionar com a mistura, através do monitoramento com scanner a pressão não ultrapassou 1.299 – 1.355 bar, o veículo foi para testes na rodovia que rodou 2.700

km sendo feito acompanhamento da temperatura da água e pressão de óleo do motor por manômetros instalados no painel conforme Figura 14.



FIGURA 14. MANÔMETROS

A temperatura da água se manteve entre 73 – 86°C e pressão do óleo lubrificante a 2 bar em regime de marcha lenta (950 rpm) e 6 bar em velocidade de cruzeiro 80 km/h (2.000 – 3.100 rpm) como não houve alterações no veículo durante todo o período de testes, o veículo foi recolhido para serem feitos testes de emissão de gases e análises e testes dos injetores.

De acordo com o Regulamento Técnico Metrológico (RTM) estabelece as condições técnicas e metrológicas essenciais a que devem atender os opacímetros, instrumentos para medição da opacidade e determinação do coeficiente de absorção de luz (k) da fumaça emitida por motores de ignição por compressão (motores do ciclo Diesel). Equipamento utilizado Opacímetro Bosch – serie 96150706 referência BEA, o opacímetro é um instrumento portátil constituído por um banco óptico, sonda (cabo inserido no escapamento) e maleta com cabos e é utilizado para medição da quantidade de material particulado (fumaça preta) emitido por veículos a diesel. A fumaça do escapamento de motores diesel é composta por partículas suspensas no gás de escapamento que obscurecem, refletem ou refratam a luz, podemos observar a diferença nos dos testes com óleo vegetal se comparados com os resultados da medição de opacidade com óleo diesel conforme Tabela 10.

TABELA 10. MEDIÇÃO DE OPACIDADE

Amostra	RPM lenta	RPM corte	Óleo Diesel	Óleo Vegetal
1	759 - 763	3348 - 5678	0,57	0,16
2	758 - 758	3500 - 3138	0,52	0,20
3	760 - 759	3078 - 2728	0,45	0,15
4	759 - 758	2948 - 2778	0,45	0,16
5	756 - 769	3048 - 2462	0,42	0,12
6	758 - 762	2978 - 2558	0,39	0,12
7	758 - 764	2938 - 2298	0,41	0,15
-	-	-	0,46	0,16

Observações sobre o teste

- 1- Resultados do teste de aceleração:
 - a) Rotação de marcha lenta: 757 rpm
 - b) Rotação de corte: 4164 rpm
- 2- Condições do teste
 - a) Temperatura do óleo motor = 56°C
 - b) Temperatura do ar = 27°C
 - c) Pressão atmosférica = 89 kPa
 - d) Altitude local de ensaio > 350 m
- 3- Características do veículo
 - a) Turbo = Sim
 - b) Limite de opacidade = 2.80 k
 - (k) Coeficiente de absorção de luz.

Os injetores foram retirados para análise no equipamento Bosch EPS200 teste dos injetores Common Rail, antes do início dos ensaios com o veículo os injetores passaram por um teste inicial (t_0) e neste momento por um segundo teste (t_1) e podemos observar que houve perda de eficiência dos injetores, porém o veículo não apresentou deficiência no sistema de injeção conforme Tabela 11.

TABELA 11. TESTE DE MEDIÇÃO DOS INJETORES

Injetor 1° cil	t ₀		t ₁	
Passo de teste	Valor real	Valor real	Valor real	Valor real
	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)
LEAK TEST		4,24		18,61
VL	72,48	27,37	67,88	36
EM	19,84		17,31	
VE	2,46		1,61	
LL	4,64		3,84	
Injetor 2° cil	t ₀		t ₁	
Passo de teste	Valor real	Valor real	Valor real	Valor real
	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)
LEAK TEST		3,2		2,91
VL	69,4	30,21	69,02	33,86
EM	19,13		17,34	
VE	2,34		1,59	
LL	4,2		3,97	
Injetor 3° cil	t ₀		t ₁	
Passo de teste	Valor real	Valor real	Valor real	Valor real
	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)
LEAK TEST		3,36		6,28
VL	70,31	27,07	69,41	27
EM	20,54		17,44	
VE	2,57		1,63	
LL	4,95		3,57	
Injetor 4° cil	t ₀		t ₁	
Passo de teste	Valor real	Valor real	Valor real	Valor real
	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)	(mm ³ /H)
LEAK TEST		7,22		11,22
VL	68,88	27,37	68,94	29,29
EM	19,68		17,51	
VE	2,66		1,64	
LL	4,15		3,74	

Apesar dos injetores após o ensaio de 50 horas e apresentarem diferença do ensaio inicial (t₀), eles estão dentro dos parâmetros aceitáveis para utilização como conforme o fabricante.

Para o óleo lubrificante antes do início dos ensaios foi retirado uma amostra do óleo lubrificante novo e enviado para análise (t_0) após 50 horas do funcionamento do motor foi enviada uma nova amostra do óleo lubrificante para outra análise (t_1), não foi observado aumento no nível de óleo do cárter, porém observou-se uma redução na viscosidade, podendo ser devido à contaminação por produtos do óleo combustível. De acordo com Porte (2008), a contaminação do óleo lubrificante por produtos advindos do combustível causa uma perda de lubricidade, por isso no caso do (t_1) 75,38 viscosidade cSt o que pode diminuir a vida útil da unidade de potência se o óleo não for trocado com maior frequência. Na Tabela 12 mostra a quantificação dos elementos avaliados para o óleo lubrificante, onde segundo as referências citadas, um dos dados mais preocupantes é com relação aos teores de ferro (Fe), cobre (Cu), cromo (Cr), alumínio (Al) e chumbo (Pb) o qual se apresentam elevados no ensaio. Segundo Snook (1968), e ESSO (1970), os elementos ferro, cobre, cromo, alumínio e chumbo, são advindos do desgaste do motor, e parte do conteúdo de alumínio pode ser advindo de contaminação por impureza do ar de admissão. Como comentado anteriormente na amostra da análise do óleo feita em (t_1), apresentou níveis maiores de contaminação para todos os elementos, evidenciando uma possível contaminação no óleo lubrificante pelo combustível utilizado.

Entre os demais elementos, não se pode atribuir somente a contaminação por óleo vegetal combustível, elementos como cálcio (Ca), fósforo (P), Zinco, molibidênio (Mo), níquel (Ni), sódio (Na), prata (Ag), boro (B), bário (Ba), magnésio (Mg), titânio (Ta) e vanádio (V), podem estar presentes no lubrificante fazendo parte da composição de aditivos que desempenham diversas funções dentro do motor (DELALIBERA, 2009).

TABELA 12. PARÂMETROS DE QUALIDADE AVALIADOS PARA O ÓLEO LUBRIFICANTE NO TEMPO DE CINQUENTA HORAS

Descrição	Unidade	t ₀	t ₁
Viscosidade (cSt) 40	cSt	91,13	75,38
Água	ppm	600	0,00
Alumínio	ppm	1,52	5,23
Cobre	ppm	0,10	2,78
Cromo	ppm	0,10	1,96
Ferro	ppm	0,10	8,97
Silício	ppm	65,14	11,63
Chumbo	ppm	0,10	0,82
Zinco	ppm	1156	1216
Estanho	ppm	0,10	0,10
Molibidênio	ppm	0,10	0,10
Níquel	ppm	0,10	0,10
Cálcio	ppm	2062	2262
Sódio	ppm	0,10	0,10
Prata	ppm	0,10	0,10
Boro	ppm	0,10	0,10
Bário	ppm	0,28	0,10
Magnésio	ppm	197,8	221,5
Manganês	ppm	0,10	0,45
Fósforo	ppm	911,8	936,9
Titânio	ppm	0,10	0,10
Vanádio	ppm	0,10	0,11

Destes elementos citados como provável precedência do óleo vegetal combustível, dois chamam a atenção, o magnésio (Mg) e fósforo (P), pode-se dizer que estes dois metais alcalinos, com certeza são provenientes do óleo vegetal combustível.

6. CONSIDERAÇÕES

Apesar da existência de problemas inicialmente com o funcionamento do motor, utilizando óleo vegetal, o cenário da matriz energética mundial tende a tomar este rumo, visando à redução de emissão de gases para atmosfera, as perspectivas de esgotamento ou inviabilidade de extração de petróleo e problemas ambientais. Mesmo com o surgimento de novas soluções o óleo vegetal ainda será uma fonte alternativa e promissora.

Contudo muito há ser estudado e desenvolvido para a utilização de óleos vegetais combustíveis como recomendação, o que se desenha atualmente são estudos de casos, onde a combinação de diferentes aplicações de matérias primas e processos resultem em uma infinidade de óleos combustíveis. Levando em considerações alterações no projeto dos motores ciclo Diesel.

Um fator relevante, e que realmente pode se viabilizar este tipo de combustível renovável é com relação às fontes de extração ou matérias primas que dará origem a estes combustíveis, pois existe uma grande quantidade de plantas consideradas oleaginosas, e atualmente embora pouco tenha sido estudado com relação à viabilidade da utilização como combustível, isto é, com relação às características físico-químicas e seu balanço energético, não se esquecendo das pesquisas com relação ao aumento de rendimento, produção em grande escala e diminuição da dependência de insumos advindos do petróleo.

7. CONCLUSÃO

Como pode mostrar nos resultados das medições no teste de opacidade houve uma redução na emissão de gases na mistura com óleo vegetal se comparado com o resultado com óleo diesel e desempenho satisfatório nos ensaios realizados.

Quanto ao desgaste dos componentes a análise não conclusiva porque o motor não foi aberto para verificar medições interna, mas houve desgaste excessivo nas unidades injetoras.

Houve contaminação do lubrificante por óleo vegetal combustível como mostrou as análises do lubrificante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ambiente Brasil*. (22 de Janeiro de 2010). Acesso em 22 de Janeiro de 2010, disponível em Ambiente Brasil: <http://www.ambientebrasil.com.br>
- ANP Agência Nacional Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. (s.d.). Acesso em 24 de Abril de 2010, disponível em <http://www.anp.gov.br>
- BOBBIO, P., & BOBBIO, F. (1985). *Introdução a química de alimentos*. Campinas: Fundação Cargill.
- CARR, R. (1990). Rapessed Canola . *World conference preceedings edible fats and Oils precesing*, (pp. 289 - 298).
- CASTRO, M. N. (s.d.). *O LADO SOCIAL DO BIODIESEL, 30 de maio 2008*. Acesso em 25 de março de 2010, disponível em [brasilbio.blogspot.com](http://www.brasilbio.blogspot.com): <http://www.brasilbio.blogspot.com>
- COELHO, S. T. (s.d.). Implantação e Testes de utilização de óleo vegetal como combustível para diesel geradores em cominidades isoladas da Amazônia. 2003.
- COSTA, C. J. (s.d.). *Biocombustíveis x emissões de gases efeito estufa*. Acesso em 17 de fevereiro de 2010, disponível em <http://www.paginarural.com.br>
- COSTA, N., L.F.S., R., G.F.E., Z., & L.P., R. (s.d.). *Transesterificação de óleo comestível usado para produção de biodiesel e uso em transporte*. Acesso em 23 de Maio de 2009, disponível em www.biodieselbr.com.br
- DELALIBERA, C. H. (s.d.). Utilização do Óleo de Girassol como Combustível em Unidade de Potência Monocilindro Ciclo Diesel 77 f. Disertação de Mestrado - Setor de Ciências Agrárias e de Tecnologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. 2009.
- DORSA, R. (1995). *Tecnologia de processamento de óleos e gorduras vegetais e derivados*. São Caetano: Escola de engenharia Mauá.
- ENCIMAR, J.F, G., E, S., & M.J., R. (1999). Ind. Eng. Chem.
- ENGLER, C., JOHNSON, L., & LEPORI, W. (1983). Journal of the American Oil Chemists Society. *Effects of processing and chemical* , pp. 1592-1596.
- ESSO. (1970). Avaliação dos óleos de cartér. *Boetim de informações técnicas*. , 42.
- FANGRUI, M., & HANNA, M. (1999). Biodiesel Production. *Bioresource Technology* , 1-15.
- FERRARI, R. A. (s.d.). Biodiesel de Soja - Taxa de conversão em ésteris etílicos, caracterização físico-química em gerador de energia. *Química Nova*, Vol. 28 Número 1, p. 19-23 outubro 2005.

FUCHS, W. (s.d.). *O aproveitamento de oleaginosas: Fundamentos do aproveitamento descentralizado de oleaginosas e a tecnologia do óleo vegetal*. Acesso em 4 de Outubro de 2010, disponível em Site regioel: <http://www.regioel.de>

IAPAR *Participação do IAPAR no programa Paranaense de Bioenergia*. (s.d.). Acesso em 25 de abril de 2010, disponível em <http://www.iapar.br>

INOUE, G., LACERDA FILHO, A., VIEIRA, L., & RESENDE, R. (2005). Variação da viscosidade cinemática de óleo vegetais bruto em função da temperatura. *II Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gordura e Biodiesel*.

JULIATO A. (s.d.). Análise da influência de diferentes misturas de biodiesel no desempenho e emissão de poluentes de um motor diesel agrícola, 146 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba. 2006.

KNOTHE, G., GERPEN, J., & RAMOS, L. (2006). *Manual de Biodiesel*. São Paulo.

LEHNINGER, A., NELSON, D., & COX, M. (2006). *Princípios de bioquímica*. São Paulo: Savier.

LOPES, A., CAMARA, R. d., & DABDOUB, M. e. (2006). Biodiesel etílico X Biodiesel metílico. *Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*.

MAZIERO, J., CORRÊA, I., ÚNGARO, M., BERNARD, J., & STORINO, M. (5 de Junho de 2007). Desempenho de um motor diesel com óleo bruto de girassol. *R. Bras. Agrociência*, , pp. 249-255.

Ministério de Minas e Energia. (6 de Abril de 2010). Acesso em 6 de Abril de 2010, disponível em Ministério de Minas e Energia: <http://www.mme.gov.br>

MOREIRA, E. P. (s.d.). *CARTILHAS TEMÁTICAS, Biodiesel e sua história*. Acesso em 08 de Março de 2010, disponível em Ministério Educação: <http://www.portal.mec.gov.br>

OLIVEIRA, A. (2000). Synthesis and characterization of new bivalent.

PETERSON, C., G.L., W., & D.L., A. (1983). Vegetable oil substitutes for diesel fuel. *Transactions of the ASAE*, 322-327.

Portal do Biodiesel. (28 de Junho de 2010). Acesso em 28 de Junho de 2010, disponível em Biodiesel: www.biodieselbr.com

QUEIMADA, A., C., D., I.M., M., & J.A.P, C. (2001). Low temperature behaviour of refined products from DSC measurements and their thermodynamical modeling. *Thermochimica Acta*, 93-101.

RAMOS, L. (2004). *Degradação térmica de óleos comestíveis, Poder calorífico de óleos vegetais, Biodiesel de óleo usado em frituras*. Acesso em 6 de Novembro de 2010, disponível em Site da Universia: http://www.universia.com.br/materia/materia_chjj.html

RYAN III, T., DODGE, L., & CALLAHAN, T. (1984). The effects of vegetable oil properties on injection and combustion in two different diesel engines. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 1610-1619.

SNOOK, W. (1968). Análises de óleos usados de motores. *Texaco Brasil S.A Lubrificação* , 12-15.

SOARES, G. V., & NASCIMENTO, M. (2000). Operação de um grupo gerador diesel utilizando óleo vegetal bruto como combustível. *ENCONTRO DE ENERGIA RURAL NO MEIO RURAL*. Campinas.

TEIXEIRA, L. (2005). Produção de biodiesel. *Informe agropecuário EPAMIG* , pp. 79-86.

VARGAS, SCHUCHARDT, U., & SERCHELI, R. (1998). *Jornal Brazilian Chemists Society* , 9.